

вом корпуса и расплавлением активной зоны, что позволяет значительно снизить капитальные издержки на материалы и сократить сроки строительства. Небольшая активная зона ведет к общему снижению капитальных затрат и создает возможность строить реакторы любого размера и мощности. Уменьшение требований к безопасности и высокий уровень автоматизации могут снизить требования к численности персонала. Таким образом, текущие операционные издержки для гигаваттной станции могут снизиться с 50 до 5 млн долл. в год [2].

Реализация уран-ториевого топливного цикла позволяет полностью избавиться от недостатков уран-плутониевого топливного цикла и достигнуть таких технических показателей ЯТЦ, которые ограничены только физической природой деления ядер. Технологии, необходимые для реализации ториевого топливного цикла, инновационны, не развиты и в настоящее время энергетические компании не интересуют, поскольку связаны со значительными финансовыми инвестициями и рисками без внятных выгод. Только Индия и Китай намерены проводить исследования в этой области. Тем не менее в долгосрочной перспективе использование тория представляется весьма многообещающим.

Список литературы

1. Муратов О. Э., Тихонов М. Н. Альтернативный ЯТЦ: необходимость и актуальность [Электронный ресурс]. URL: <http://www.proatom.ru/> (дата обращения: 20.11.2014).
2. Некоторые вопросы экономических перспектив ториевой ядерной энергетики. [Электронный ресурс]: доклад объединения Bellona URL: <http://www.bellona.ru> (дата обращения: 20.11.2014).
3. Thorium Report Committee. Thorium as an energy source – Opportunities for Norway // Published by the Thorium Report Committee. 2008, february.
4. Тарнавский В. Ториевый шанс [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ukrrudprom.ua/> (дата обращения: 20.11.2014).

УДК 620.97

Терентьева Т. В., Климова В. А.
Уральский федеральный университет,
v.a.klimova@urfu.ru

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА ДОЖДЯ ДЛЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Дождь – относительно низкопотенциальный ресурс. Однако у дождя как источника возобновляемой энергии есть ряд преимуществ. Прежде всего, это доступность для климатических районов с низкой солнечной радиацией в течение полугодового цикла. Установка, использующая энергию дождя, была бы актуальна в сезоны дождей в странах с муссонным климатом. Для этих районов интересно совмещение солнечной панели и дождевой, использующих в разные времена года разные источники энергии. Среди положительных черт также

можно указать, что дождь является экологически чистым и безопасным ресурсом.

Проведем оценку энергетического потенциала дождя. Для этого вычислим примерную мощность, получаемую от одной капли и от потока на один квадратный метр.

Радиусы капель бывают 0,25–3,5 мм. В зависимости от размера капли скорость перед падением различна: для мелких капель 2–6,6 м/с, для крупных капель – 30 м/с. Интенсивность дождевого потока также может варьироваться в пределах 0,25–100 мм/ч [1].

Энергия одной капли, Дж:

$$E_{\text{кап}} = \frac{\rho_{\text{в}} \frac{4\pi}{3} r_{\text{кап}}^3 v^2}{2}, \quad (1)$$

где $\rho_{\text{в}}$ – плотность воды, 1000 кг/м³; $r_{\text{кап}}$ – радиус капли дождя, м; v – скорость капель перед падением, м/с.

Мощность дождя на 1 м², Вт:

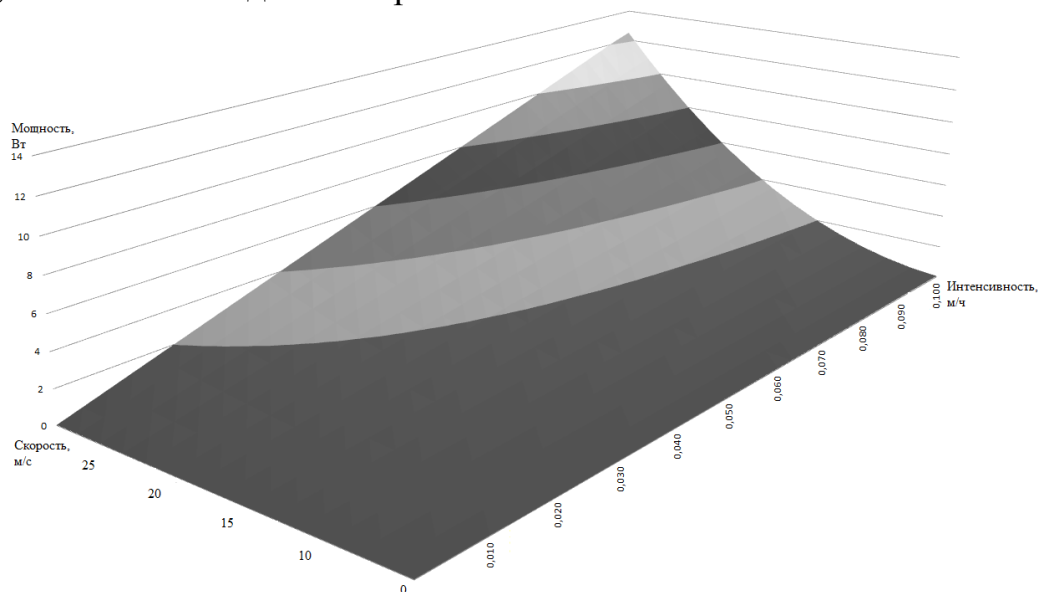
$$P = E_{\text{кап}} n, \quad (2)$$

где n – количество капель, падающих на поверхность площадью 1 м² за 1 с:

$$n = \frac{m}{\frac{4\pi}{3} r_{\text{кап}}^3}, \quad (3)$$

где m – интенсивность дождя, м/с; $r_{\text{кап}}$ – радиус капли дождя, м.

На рисунке показаны максимумы и минимумы мощности, которая передается поверхности площадью в 1 м², полученные при вариации значений интенсивности дождя и скорости капель. Наибольшее значение составляет 12,5 Вт, наименьшее – доли микроватта.



Зависимость мощности от интенсивности дождя и средней скорости капель

Нельзя сказать, что этот источник не разработан совсем. Время от времени ученые и исследователи предлагают проекты использования энергии дождя. И хотя многие из них не очень эффективны, попытки создать дождевой привод не прекращаются. Многие проекты используют не столько саму энергию дождя, сколько скопившуюся после него воду, и требуют, чтобы емкости с водой находилась на какой-либо высоте и жидкость обладала потенциальной энергией. Использовать кинетическую энергию дождя довольно трудно, ведь приходится преобразовывать давление в электрическую мощность.

Наиболее близким по смыслу к нашей теме является исследование о получении энергии от дождя французских ученых Томаса Джагера и его коллег [2]. Установка этих ученых (пластина из пьезоэлектрика PVDF, приборы, снимающие характеристики, с ее обкладок и пипетка с водой) использует именно энергию, накапливаемую каплями при выпадении в виде осадков, то есть в ход идет кинетическая энергия капли при ударе или энергия давления удара. Работа исследователей представляет собой две части: теоретическое исследование и практическое подтверждение, в ходе которого были получены следующие результаты: максимальные и минимальные вырабатываемые мощности и напряжения соответственно от 1 нДж и 1 мкВ до 25 мкДж и 12 мВ. Говоря об этой работе, можно отметить, что все расчеты проведены с большой точностью, рассмотрены возможные «способы падения» капли и построены зависимости выходных функций от различных параметров. Недостатками этой работы, на мой взгляд, являются проведение эксперимента в статических условиях (ведь дождь сам по себе нестатическое явление) и использование одновременно энергии только одной капли (тогда как в реальности было бы получено более 10 капель в некоторый момент времени на всю площадь установки). Также, вероятно, с усовершенствованием конструкции КПД установки мог бы быть повышен значительно.

Для того чтобы объяснить принцип преобразования энергии, обратимся к понятию пьезоэффекта. Пьезоэлектрический эффект – эффект возникновения поляризации диэлектрика под действием механических напряжений (прямой пьезоэлектрический эффект) [3, 4]. Пьезоэлемент – электромеханический преобразователь, изготавливаемый из пьезоэлектрических материалов, определенной формы и ориентации относительно кристаллографических осей. Конструктивно пьезоэлемент – пластинка с нанесенными на неё электродами.

Основная характеристика пьезоэлемента – пьезоэлектрический модуль d – отношение механической деформации к приложенному электрическому полю, Кл/Н. При толщине пластинки кварца $d = 0,5$ см и приложенной механической силе 1 кН напряжение между обкладками будет $U \sim 30$ В. Если подобрать материал и размеры, то можно добиться значений ЭДС пьезоэлемента в несколько киловольт. Пьезоэлектрические материалы – это пьезокристаллы (кварц, турмалин), пьезокерамика и некоторые полиматериалы. Пьезоматериалам свойственно так называемое старение – изменение параметров (диэлектрической проницаемости, пьезомодулей) со временем, особенно заметное в первые несколько суток после изготовления и поляризации образцов. В работе Н. М. Кочаряна и др. [5], изготовивших самостоятельно образцы пьезоэлемента,

приводятся результаты исследования пьезоэлектрического эффекта в поливинилхлориде-ПВХ (стоимость в настоящее время 95 р./кг). Показано, что при времени поляризации 3–5 часов получается лучший результат. Полученный максимальный пьезомодуль $4 \cdot 10^{-8}$ СГСЭ ($1,33 \cdot 10^{-12}$). Пьезомодуль измерялся статическим методом. Приводятся данные «времени жизни» пьезоэлектрического свойства в ПВХ.

Список литературы

1. Большая советская энциклопедия: В 30 т. М.: Советская энциклопедия, 1969–1978.
2. Romain Guigon, Jean-Jacques Chaillout, Thomas Jager. Ghislain Despesse Harvesting raindrop energy // Smart Materials and Structures. 2008. Vol.17. № 1. [Электронный ресурс]. URL: <http://iopscience.iop.org/0964-1726/17/1/015038/cites> (дата обращения: 20.11.2014).
3. Корицкий Ю. В., Пасынков В. В., Тареев Б. М. Справочник по электротехническим материалам. Т. 3. М.: Энергия, 1976. Энергоатомиздат, 1988.
4. Леванюк А. П., Санников Д. Г. Пьезоэлектричество // Большая Советская энциклопедия. М.: Советская Энциклопедия, 1969–1978.
5. Кочарян Н. М. Пьезоэлектрический эффект в поливинилхлориде // Физика. Ереван: АН Армянской ССР. 1966. Т. 1. С. 217–221.

УДК 620.97

Терехов А. Н.
Уральский федеральный университет,
skisar@bk.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ВАКУУМНЫХ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ

Для оценки ресурса солнечной энергии, приходящей на единицу поверхности, применяются различные показатели. Обычно используется значение среднегодового, среднемесячного и суточного количества энергии, единица измерения которого $[(\text{кВт} \cdot \text{ч})/\text{м}^2]$. Также часто используется так называемое «количество пиковых часов» солнечного сияния за период – это приведенное значение, которое обычно получается делением прихода энергии за период на $1000 \text{ Вт}/\text{м}^2$. Этот параметр удобно использовать, так как обычно все параметры солнечных батарей и солнечных коллекторов указываются именно при этой пиковой освещенности.

Практическая задача, стоящая перед разработчиками и создателями различного вида солнечных установок, состоит в том, чтобы наиболее эффективно «собрать» этот поток энергии и преобразовать его в нужный вид энергии (теплоту, электроэнергию) при наименьших затратах на установку.

Солнечные коллекторы разного типа позволяют получить тепловую энергию, которая в первую очередь используется для приготовления горячей воды, что особенно актуально в летний период года, когда наблюдается максимальная солнечная активность и максимальное потребление горячей воды. Кроме этого, в отдельных случаях при построении комбинированных котельных установок тепло от солнечных коллекторов частично можно использовать в различных